

ANALYSE DES REGELENERGIEBEDARFS

Peter Scheffler, Eva Marie Linne

ABSTRACT

Es wird die prinzipielle Funktionsweise des Regelenenergiemarktes erläutert und anschließend der tatsächliche Regelenenergiebedarf, insbesondere in Abhängigkeit von der Windeinspeisung analysiert. Dabei ergibt sich kein von der Tageszeit abhängiger Regelleistungsbedarf. Weiterhin übersteigt der Ausgleichsbedarf für schlecht prognostizierte Windeinspeisung den tatsächlichen Regelenenergiebedarf.

1. FUNKTIONSWEISE DES REGELENERGIEMARKTES

In jedem Elektroenergiesystem ist ein Gleichgewicht zwischen Elektroenergieerzeugung und -verbrauch erforderlich. Ein Überangebot an Elektroenergie führt zu einer Frequenzerhöhung. Ein Mangel an bereitgestellter Elektroenergie führt zu einer Frequenzreduzierung gegenüber der in Europa vorgeschriebenen 50 Hz Netzfrequenz. Zur Gewährleistung des Energiegleichgewichts bedarf es sogenannter Regelenenergie. Ein Regelleistungsbedarf entsteht, wenn in der augenblicklichen Leistungsbilanz in einer Regelzone die Summe der tatsächlichen Leistungen aller Einspeisungen und Entnahmen von der Summe der erwarteten Leistungen abweicht [1].

Im Falle einer Differenz zwischen Elektroenergieverbrauch und Elektroenergiebereitstellung ist unverzüglich positive oder negative Regelenenergie bereitzustellen. Positive Regelenenergie bedeutet die Zuschaltung von Kraftwerksleistungen oder die Abschaltung von Last. Entsprechend bedeutet negative Regelenenergie eine Abschaltung von Kraftwerksleistungen oder eine Hinzuschaltung von Last [2]. Zu jedem Zeitpunkt ist die Netzfrequenz von 50 Hz sicherzustellen [1]. Bei einer Abweichung von dieser Frequenz sind die oben genannten Maßnahmen zur Sicherung der Netzfrequenz durchzuführen. Die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) sind verpflichtet, sämtliche erforderliche Maßnahmen für die Einhaltung der Netzfrequenz einzuleiten.

Die Regelzone eines Übertragungsnetzbetreibers ist in verschiedene Bilanzkreise aufgliedert. Verantwortlich für eine ausgeglichene Leistungsbilanz jedes Bilanzkreises in jeder 15-min-Meßperiode ist der jeweilige Bilanzkreisverantwortliche (BKV). Die verbleibenden Bilanzkreisabweichungen werden vom Übertragungsnetzbetreiber der jeweiligen Regelzone ausgeglichen. Die dadurch entstehenden Kosten werden an den jeweiligen Bilanzkreisverantwortlichen weitergegeben. Generell gilt, daß sämtliche Abweichungen den Einsatz von Regelleistung erfordern [1] (Abb. 1).

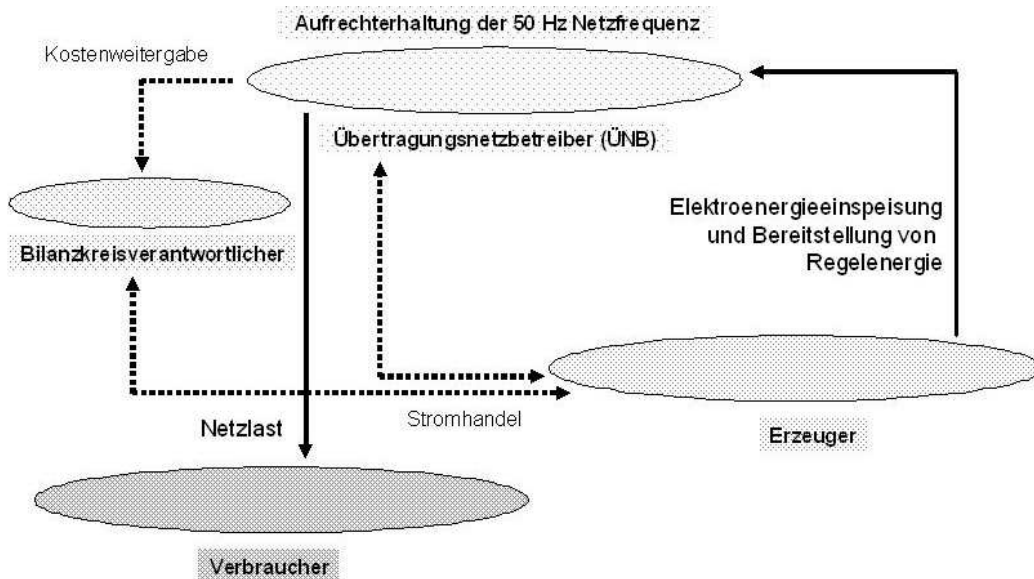


Abbildung 1: Schematischer Ablauf der Regelenenergiebereitstellung

2. VORGEHENSWEISE BEI DER ANALYSE DES REGELENERGIEBEDARFS

Die Betreiber von Elektroenergieversorgungsnetzen sind in Deutschland nach dem Bundesgesetzblatt Jahrgang 2005 Teil I Nr. 46 gemäß Paragraphen §17 verpflichtet, netzrelevante Daten unverzüglich und in geeigneter Art und Weise zu veröffentlichen und zwei Jahre lang zur Verfügung zu halten. Eine Veröffentlichung über Internetseiten ist zulässig. Die für die Analyse der Regelenenergie notwendigen Datensätze sind daher direkt auf den Internetseiten der Übertragungsnetzbetreiber erhältlich.

Die IST-Last (P_L) bezeichnet die zum betreffenden Zeitpunkt tatsächlich entnommene Elektroenergie aus dem Übertragungsnetz. In der Fahrplaneinspeisung (P_{FP}) ist die für diesen Zeitraum geplante Elektroenergieeinspeisung erfasst. Die Rubrik unplanmäßige Ausfälle (P_{AoW}) beinhaltet alle nicht vorhersehbaren Ereignisse im Zusammenhang mit ausbleibender Elektroenergielieferung, deren Ursachen nicht in Verbindung mit dem Wind stehen. Die Windprognose (P_{WP}) beruht auf den vom Deutschen Wetterdienst oder von den dafür beauftragten Firmen vergebenen Prognosen. Die IST-Windeinspeisung (P_{WI}) gibt die gemessene Einspeisung von Windenergie an. Theoretisch läßt sich der Regelleistungsbedarf (P_{RE}) daher nach folgender Formel berechnen:

$$P_{RE} = (P_L - P_{FP} + P_{AoW}) + (P_{WP} - P_{WI}) \quad (1)$$

mit P_{RE} Regelenenergie
 P_L IST-Last
 P_{FP} Fahrplaneinspeisung
 P_{AoW} zufällige Ausfälle, die nicht im Zusammenhang mit Windeinspeisung stehen
 P_{WP} Windprognose
 P_{WI} tatsächliche Windeinspeisung.

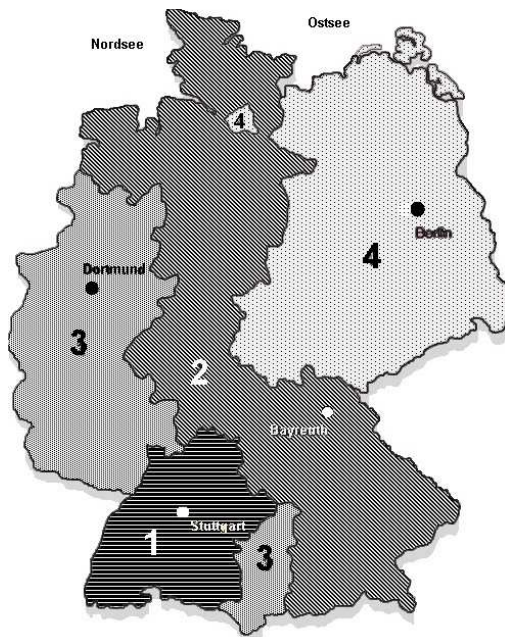
Zur Verdeutlichung der Gleichung sind einige Beispiele in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Beispiele zur Regelleistungsberechnung nach Formel (1)

P_L	P_{FP}	P_{AoW}	P_{WP}	P_{WI}	Notwendige Regelleistung (P_{RE})
2500	2000	0	2000	2000	+500 (500 zu wenig Leistung im Netz)
1500	2000	0	2000	2000	- 500 (500 zu viel Leistung im Netz)
2000	2000	0	2000	2500	- 500 (500 zu viel Leistung im Netz)
2000	2000	0	2000	1500	+500 (500 zu wenig Leistung im Netz)
2000	2000	500	2000	2000	+500 (500 zu wenig Leistung im Netz)

Anhand Formel (1) lässt sich der durch die Windeinspeisung verursachte Regelenenergiebedarf aus der Differenz von Windprognose und tatsächlicher Windeinspeisung ($P_{WP} - P_{WI}$) berechnen. Dies wird im folgenden durchgeführt, um den Anteil der Windeinspeisung am gesamten Regelenenergiebedarf zu ermitteln.

Im Gegensatz zu anderen Staaten innerhalb des UCTE-Verbundes unterteilt Deutschland sich in mehr als eine Regelzone. In Deutschland existieren insgesamt vier Regelzonen, die von den vier Übertragungsnetzbetreibern Vattenfall Europe Transmission GmbH, e.on Netz GmbH, RWE Transportnetz Strom GmbH und EnBW Transportnetze GmbH betrieben werden [3] (Abb. 2). Die nachfolgenden Betrachtungen konzentrieren sich auf die Regelzone der Vattenfall Europe Transmission GmbH, sowie auf die Annahme einer Deutschland umfassenden Regelzone.



Der Regelenenergiebedarf schwankt über den Zeitraum eines Jahres stochastisch und weist keine jahreszeitlichen Unterschiede auf [4]. In Folge dessen ist jeder beliebige Monat für die Beschreibung des Regelenenergiebedarfs repräsentativ. Der Monat Januar des Jahres 2006 wird daher als signifikanter Betrachtungszeitraum gewählt. Die entsprechenden Datensätze werden sowohl für die Regelzone der Vattenfall Europe Transmission GmbH als auch für die Annahme einer das gesamte Deutschland umfassenden Regelzone analysiert.

- 1 - EnBW Transportnetze GmbH
- 2 - e.on Netz GmbH
- 3 - RWE Transportnetz Strom GmbH
- 4 - Vattenfall Europe Transmission GmbH

Abbildung 2: Regelzonen in Deutschland (verändert nach [3])

3. ERGEBNISSE DER REGELENERGIE-BEDARFSANALYSE

Der Regelenenergiebedarf der Vattenfall Europe Transmission GmbH weist keine tageszeitlichen Schwankungen auf (Abb. 3). Ein erhöhter negativer Regelenenergiebedarf kann in den frühen Morgenstunden angenommen werden. Zu diesem Zeitpunkt besteht insgesamt nur ein geringer Elektroenergiebedarf, welches die Gefahr einer Überproduktion durch die Elektroenergieerzeuger erhöht.

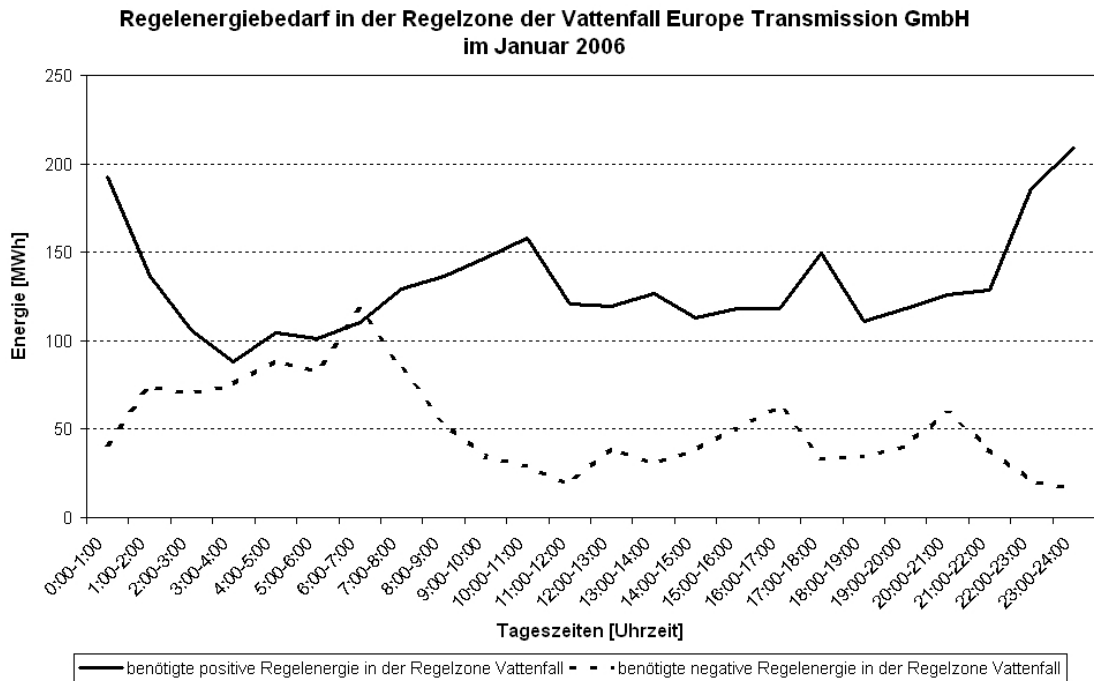


Abbildung 3: Nach Stunden untergliederter positiver und negativer Regelenergiebedarf der Vattenfall Europe Transmission GmbH im Januar 2006

Die Berechnung des durch die Windeinspeisung verursachten Anteils am Regelenergiebedarf nach Formel (1) ergibt eine deutliche tageszeitliche Abhängigkeit. Der absolute Ausgleichsbedarf durch Wind ist höher als der gesamte Bedarf in der Regelzone (Abb. 4).

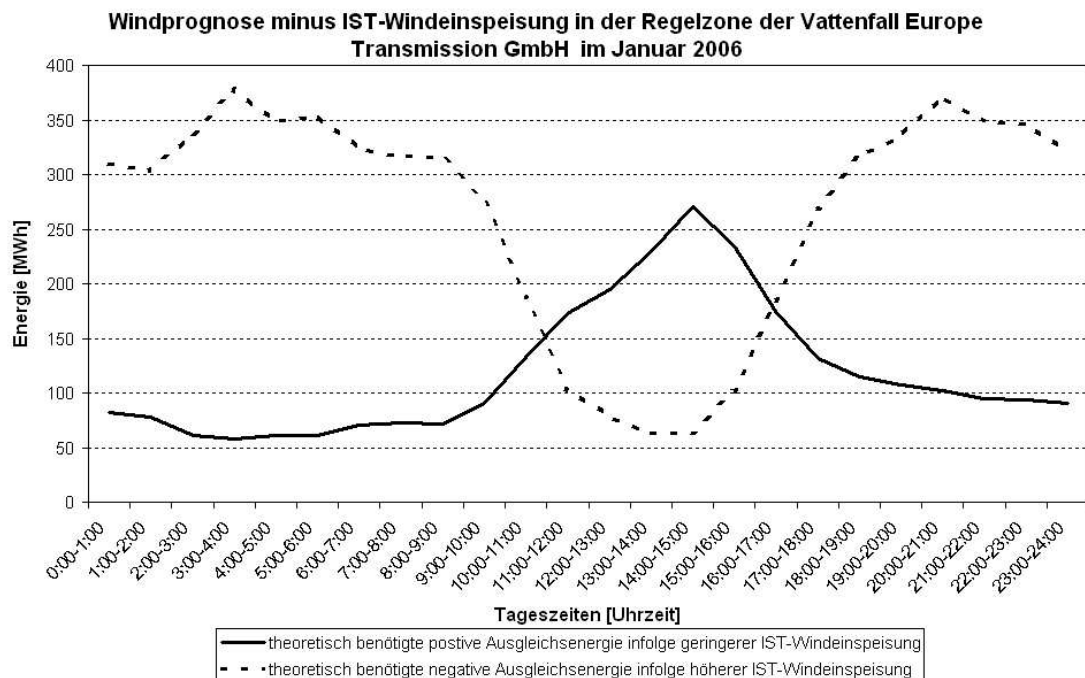


Abbildung 4: Theoretisch ermittelter positiver und negativer Ausgleichsbedarf der Vattenfall Europe Transmission GmbH durch die Windeinspeisung im Januar 2006

Zur Verifikation der Ergebnisse wird der Betrachtungsraum auf alle vier Regelzonen in Deutschland ausgeweitet. Analog erfolgen die Betrachtungen für Deutschland als eine einzige Regelzone, indem der Bedarf aller vier Regelzonen in Deutschland zu jedem Zeitpunkt kumuliert wird (Abb. 5, Abb. 6).

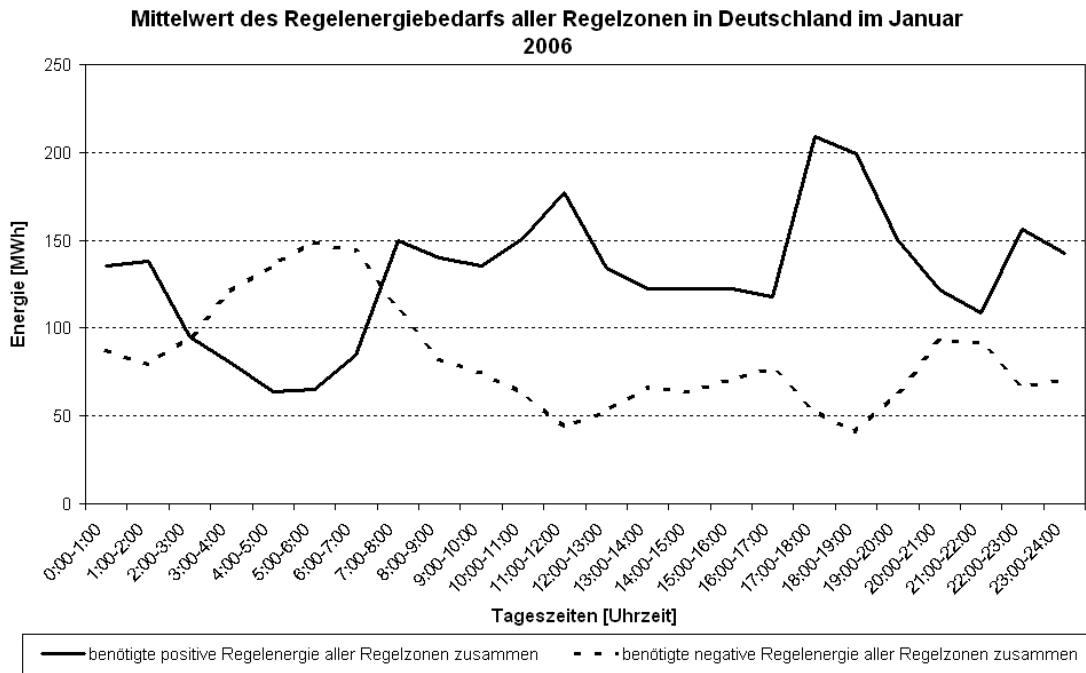


Abbildung 5: Mittelwerte des positiven und negativen Regelenenergiebedarfs kumuliert für alle Regelzonen in Deutschland im Januar 2006

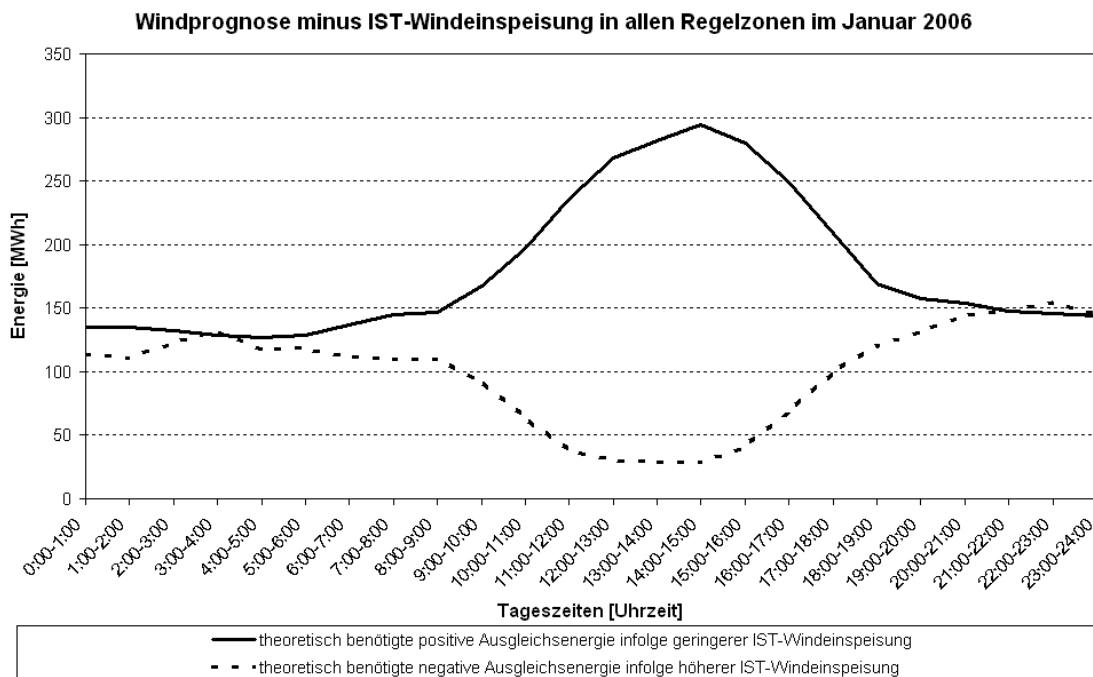


Abbildung 6: Theoretisch ermittelter positiver und negativer Ausgleichsbedarf durch die Windeinspeisung kumuliert für alle Regelzonen in Deutschland im Januar 2006

Analog zur Regelzone der Vattenfall Europe Transmission GmbH weist der absolute Regelenenergiebedarf aller vier Regelzonen in Deutschland keine tageszeitlichen Schwankungen auf (Abb. 5). Auch die tageszeitlichen Schwankungen des theoretischen Ausgleichsbedarfs durch Windeinspeisung werden bestätigt (Abb. 4, Abb. 6). Die Differenz aus der Windprognose um 08:00 Uhr am Tag zuvor und der tatsächlich am Folgetag eingetretenen Windeinspeisung wird offenbar durch zusätzliche Ausgleichsmechanismen reduziert. Weiterhin wird die Windprognose des Vortrags

kontinuierlich verfeinert und die Fahrplaneinspeisung durch gezielte Zukäufe von Stundenblöcken (Intra-Day-Handel) an die verbesserte Windprognose angepasst. Der tatsächliche Regelenergiebedarf am Tag der Windeinspeisung ist daher deutlich geringer als der ohne Prognoseanpassung erwartete Regelenergiebedarf.

Insgesamt ist das Verhältnis des Gesamtregelenergiebedarfs bezogen auf den Gesamtelektroenergieverbrauch bei der Annahme einer Deutschland umfassenden Regelzone deutlich geringer als der in der Regelzone der Vattenfall Europe Transmission GmbH. Demnach wird häufig zum selben Zeitpunkt in einer Regelzone positive Regelenergie und in einer anderen Regelzone negative Regelenergie bereitgestellt. Dieses Gegeneinanderregeln in den vier Regelzonen ist ineffizient. Die Bildung einer einzigen Regelzone in Deutschland würde ein effizienteres Ausnutzen der Elektroenergie ermöglichen und gleichzeitig den Bedarf an positiver Regelenergie reduzieren.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Zu jedem Zeitpunkt ist von den Übertragungsnetzbetreibern ein Gleichgewicht zwischen Elektroenergieerzeugung und Elektroenergieverbrauch sicherzustellen. Im Falle einer Differenz ist augenblicklich Elektroenergie in Form von Regelenergie bereitzustellen. Die Ungenauigkeit der am Tag zuvor erstellten Prognosen zur Windeinspeisung ist durch fortwährend durchzuführende Prognosen am Tag der Leistungserbringung zu reduzieren. Durch die Einflußnahme auf die eingespeiste Windenergie ist der Bedarf an positiver Regelenergie zu verringern. Eine hundertprozentige Übereinstimmung zwischen Elektroenergieerzeugung und Elektroenergieverbrauch ist zu keinem Zeitpunkt möglich. Ein von der Tageszeit abhängiger Regelleistungsbedarf ist nicht feststellbar. Durch die ungenaue Windprognose um 08:00 Uhr des Vortages übersteigt der Ausgleichsbedarf den tatsächlichen Regelenergiebedarf. Die Bildung einer einzigen Regelzone in Deutschland würde eine Reduzierung der Inanspruchnahme der einzelnen Regelenergiearten bewirken.

5. LITERATUR

- [1] *et-Redaktion/MC*: Fakten und Begriffserläuterungen zum Thema „Regelenergie“. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 53. Jahrgang, Heft 12, 2003
- [2] *Nailis, Dominic*: Steht der Regelenergiemarkt vor dem Umbruch? Auswirkungen des EnWG und der Netzzugangsverordnung auf Regel- und Ausgleichsenergie. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 56. Jahrgang, Heft 1/2, 2006
- [3] *VDN*: Daten und Fakten. Stromnetze in Deutschland 2006. Publikation des Verbandes der Netzbetreiber (VDN). Berlin: April 2006
- [4] *Linne, Eva Marie; Schufft, Wolfgang*: Providing Seasonal Balancing Energy from Co-Generation Plants. Paper in WSEAS Transactions on Power Systems. Athen: Mai 2006

AUTOR:

Peter Scheffler
Technische Universität Chemnitz
Professur für Energie- und Hochspannungstechnik
D - 09107 Chemnitz
E-mail: peter.scheffler@s2001.tu-chemnitz.de
Tel: +49 (0) 371 531 35113
Fax: +49 (0) 371 531 800269